



## 本河内低部ダム建設事業における洪水吐きの検討 —既設ダムの再開発と歴史的価値の保全—

長崎振興局建設部ダム室 ◎井上 久登  
○藤崎 将仁

### 1. はじめに

本河内低部ダム建設事業は、長崎水害緊急ダム事業の一環で長崎市の中心市街地を貫流する中島川の治水対策として、既設水道専用ダムに洪水調節機能を付加し、多目的化することを目的としている（図-1）。

既設ダムである本河内低部堰堤（写真-1）は、明治36年（1903年）に日本で2番目に完成した重力式コンクリートダムである。また、余水吐きを横断する放水路橋（写真-2）についても、日本で最初のRC橋であり、堰堤とともに近代土木遺産として高い評価を受けている。

このため、当事業は、歴史的に価値の高い施設を修復・保存して地域の振興、学習・教育の場の提供などに役立てて行くことを目的とした歴史的ダム保全事業として、さらに指定を受け、既設ダムの歴史的価値を損なうことなく、治水・利水機能を付加し、土木史上の財産として未来へ継承していくこととした。



図-1 位置図



写真-1 堰堤下流面



写真-2 放水路橋

### 2. 再開発工事の概要

#### 2-1 再開発の基本方針

- 新旧堤体を一体構造とし、現行の河川管理施設等構造令の安定基準を満足させる。
- 歴史的景観の保全を考慮し、既設堤体を極力保存する。

## 2-2 ダム型式

堤体の安定性、施工性、経済性及び景観保全を考慮し、以下の4案で比較検討した。

- ①上流面腹付け案 ②下流面腹付け案  
③アンカー工法案 ④新設ダム建設案

検討した結果、工事費が最も安価であり、堤体の安定性・水密性の確保が可能、既設堤体の保全効果が大きい、監査廊を配置可能である。などの理由により①の上流面腹付け案を採用した(図-2)。

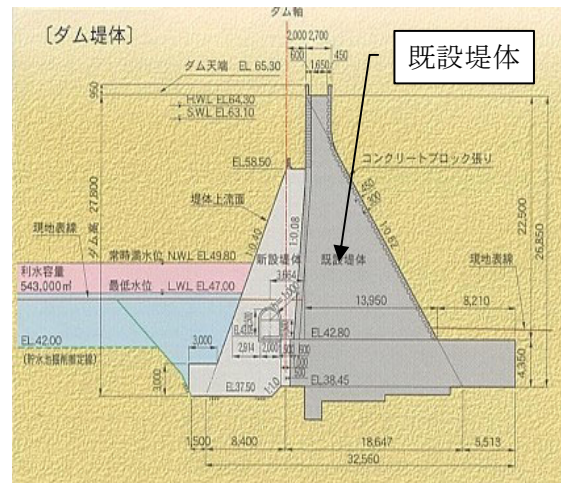


図-2 標準断面図

## 2-3 洪水吐き形式

洪水吐きの配置は、水理性、経済性、施工性及び景観を考慮し、既設堤体を完全に保存する「縦坑型トンネル洪水吐き型式」を採用した(図-3, 4)。各施設の概要は、以下のとおりとなる。

- ・呑口縦坑部：円形の流入部(越流頂部径φ18.5m, 内径φ10m)を有する独立塔型式とし、壁面に常用洪水吐きB2.15m×H2.5m×2門を配置した。
- ・トンネル部：サーチャージ放流量流下時における管内流速が7m/s以下となるよう設定し、内径をφ4.5mとした。
- ・減勢縦坑部：配置、騒音・振動等を考慮し水中減勢方式とした。形状は流況、施工性を考慮し円形φ13mの縦坑型式とした。

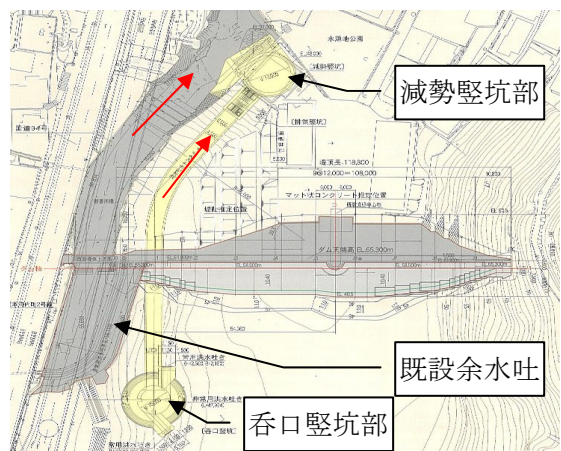


図-3 平面図

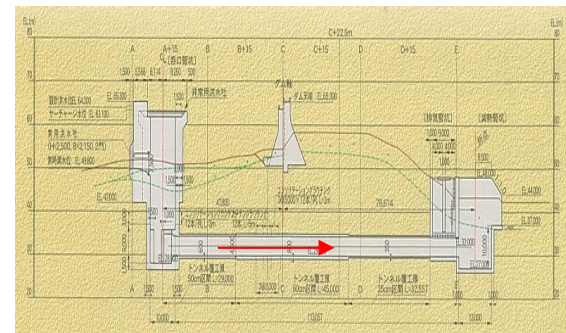


図-4 洪水吐き縦断面図

## 2-4 ダム諸元

再開発ダム及び既設ダムの諸元を表-1に示す。

表-1 ダム諸元

ダム名	再開発ダム	既設ダム
型式	重力式コンクリートダム	
堤高	27.8m	22.7m
堤頂長	118.8m	115.2m
天端標高	EL65.3m	
堤体積	32,500 m³	22,000 m³
集水面積	4.6k m²	
設計高水流量	175 m³/s	—
設計洪水流量	235 m³/s	—

ダム名	再開発ダム	既設ダム
総貯水容量	607,000 m³	608,000 m³
治水容量	577,000 m³	—
利水容量	43,000 m³	608,000 m³
堆砂容量	30,000 m³	—
設計洪水位	EL64.3m	—
サーチャージ水位	EL63.1m	—
常時満水位	EL49.8m	EL63.8m

### 3. 豎坑型トンネル式洪水吐きの検討

当洪水吐き型式は、我が国において採用例がないことから、水理検討に基づき水理模型を作製し、概略設計を行った（写真-3）。

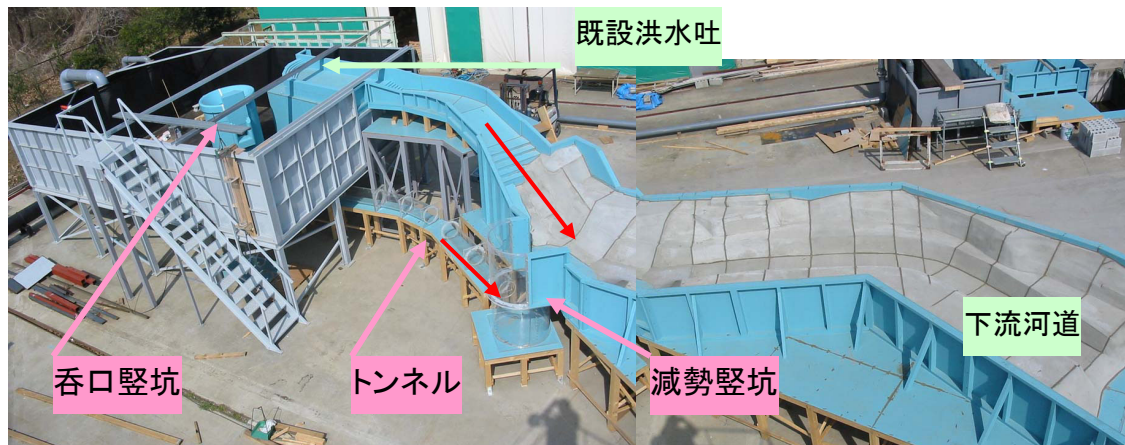


写真-3 模型全景（模型縮尺 1/15）

#### 3-1 水理設計条件

洪水吐きの放流能力については、以下の条件を満足するものとした。

- ・設計洪水位において、ダム設計洪水流量は  $235 \text{ m}^3/\text{s}$  以上の放流能力を有すること。
- ・サーチャージ水位，設計洪水位，ダム天端標高は変化させないものとし，ピーク流入時放流量は  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  以下をオリフィスより放流すること。
- ・オリフィスにおけるサーチャージ水位時放流量は，下流河川の流下能力  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  以下とすること。

#### 3-2 原案形状の水理的課題

実験に先立ち洪水吐の原案形状図（図-5）を作成し、水理的課題の抽出を行った。

- ①放流能力について、常用・非常用洪水吐きともに流量を支配する因子として、呑口形状と呑口豎坑の動水位が影響を及ぼすことが考えられる。また、動水位はトンネル部の損失（摩擦、曲り、入口、出口）と減勢工動水位の影響を受ける。
- ②豎坑部で放流水の流入により空気混入が予想され、トンネル内に連行される。これにより、不安定な流量や出口の水面変動を起す要因となることが考えられる。

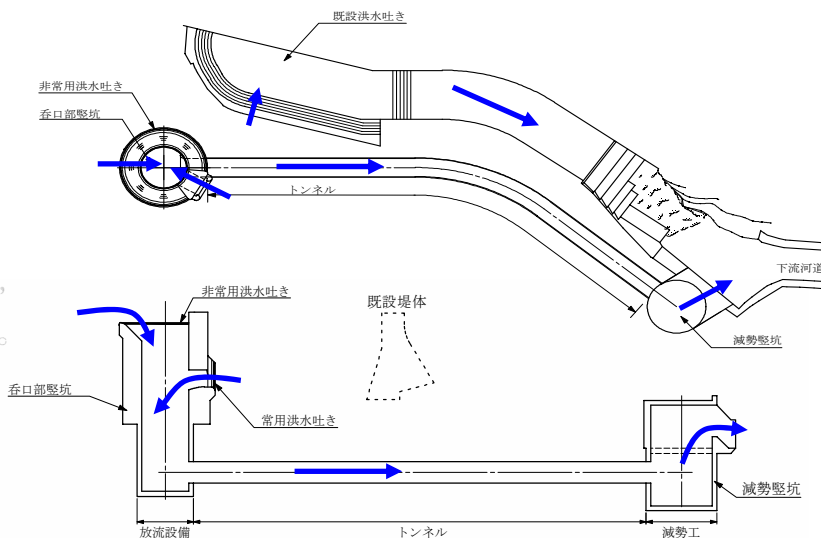


図-5 模型概要図(原案)

### 3-3 洪水吐き原案形状の実験内容と結果

#### 3-3-1 実験内容

洪水吐き呑口部の形状をオリフィス1条，中央向け配置（B4.0m×H2.5m×1条）とし，新設及び既設洪水吐きそれぞれの施設の放流量を計測した。新設洪水吐きについては，貯水位と放流量の関係を計測すると同時に呑口堅坑，減勢堅坑内の水位も合わせて計測した。その実験内容を表-2に示す。

表-2 原案の実験内容

調査項目	調査条件	計測内容
放流能力(新設, 既設)	EL49.8~EL64.3	貯水位, 放流量
呑口堅坑の流況	EL49.8~EL64.3	呑口堅坑内水位, 流況
トンネル内の流況	EL49.8~EL64.3	空気混入状況
減勢堅坑の流況	EL49.8~EL64.3	減勢堅坑内水位, 空気混入状況

#### 3-3-2 放流能力の確認結果

原案形状の放流能力について，以下の事項が確認できた（図-6）。

- ・オリフィスは，サーチャージ水位で100.3 m<sup>3</sup>/sの放流量となり計画値105m<sup>3</sup>/sよりやや小さな値となった。
- ・洪水吐き全体における放流量は，260m<sup>3</sup>/s程度となり，設計洪水流量235m<sup>3</sup>/sは放流可能である。
- ・既設洪水吐きは，37m<sup>3</sup>/s程度の放流能力を有する。

新設及び既設洪水吐きの放流量を表-3に示す。

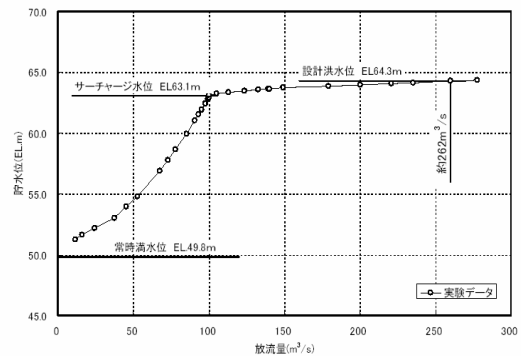


図-6 洪水吐きの放流特性

表-3 各施設での放流量結果 (m<sup>3</sup>/s)

水位	トンネル壁 面粗度係数	新設洪水吐		既設洪水吐き	合計
		オリフィス	越流部		
S. W. L EL63.1m	n=0.015	100.3	—	—	100.3
H. W. L EL64.3m	n=0.015	83.4	139.8	36.8	260.0

#### 3-3-3 流況の確認結果

- ・呑口堅坑内において，放流量が少ない場合には流入水脈が水面上に落下するが，流量が多くなると対岸壁面に衝突する。
- ・トンネル部では，呑口堅坑から空気連行が生じ，トンネル入口部付近においては，多量の空気が混入し，管中は気泡で白濁した水で満たされる。また，流下するにつれ気泡は浮上しトンネル頂部に空気溜まりが発生し，さらに減勢堅坑内で空気塊が噴き上がる（図-7）。

・トンネル内の空気溜まりの発生状況は、放流量により変化し $175\text{m}^3/\text{s}$ 以上では、空気溜まりが観測されず、気泡の状態が減勢竪坑内に流入する。

### 3-4 空気混入対策

#### 3-4-1 改造案による実験と検討

原案形状による実験により、空気の混入は放流量が $120\sim 130\text{m}^3/\text{s}$ 付近で最大となる結果が得られた。混入最大時における呑口竪坑の流況から、オリフィスの空中放流と壁面衝突、越流水脈の落下衝突が空気混入に大きな影響を与えていると考えられる(図-8)。

これらを考慮し、トンネル下流への空気混入量を低減するための改造案として、オリフィス2条(B $2.15\text{m}\times\text{H}2.5\text{m}\times 2$ 条)により壁面沿いに水脈を放流することとした(図-9)。

実験の結果、オリフィス水脈と越流水脈の空中衝突は改善されたが、竪坑内で回転流が形成され減勢されずに直接トンネルに流入し、入口部で小規模な渦が発生する不安定な流況となった。

この回転流を抑制するため、竪坑内にデフレクタを配置し減勢を行うこととした。数パターンでの配置案で実験した結果、竪坑内の流況を安定させるとともに、空気混入の低減効果に最も優れていた縦に3箇所配置する案を採用した。

#### 3-4-2 改造案による検討結果

空気混入量を評価する手段として、目視観察のほか減勢竪坑における空気塊噴出に伴う噴き上がり高などで判断することとした。放流量と水位、噴き上がり高の関係を図-10に示す。減勢竪坑内の水位は呑口の形状によらずほぼ同様な値を示した。

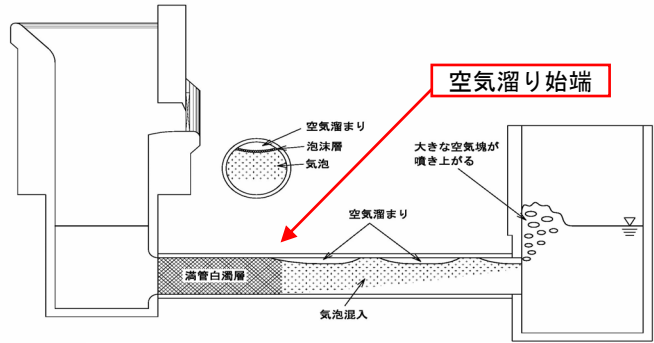


図-7 流況概要 ( $175\text{m}^3/\text{s}$  以下)

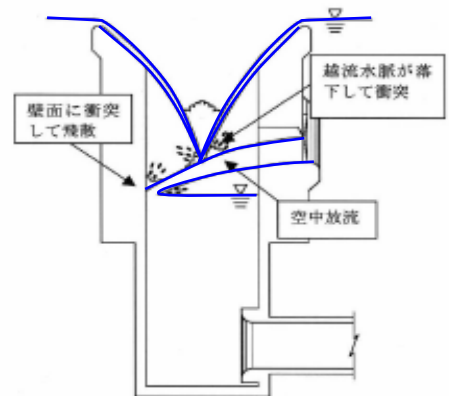


図-8 空気混入最大時の流況

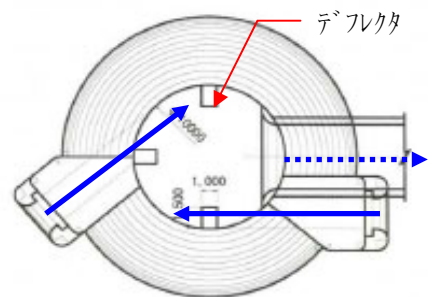


図-9 呑口改造案

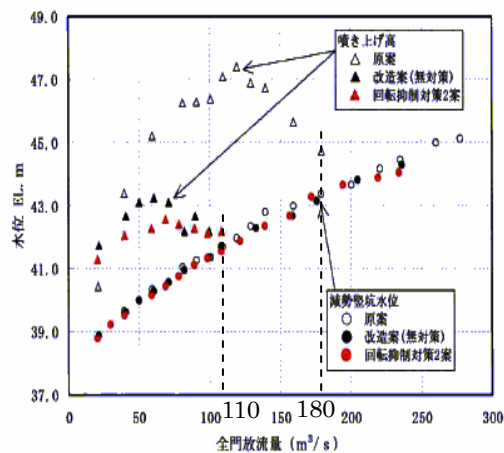


図-10 減勢竪坑内の水位と噴き上がり高



噴き上げ高については、原案では放流量が 120～130 m<sup>3</sup>/s 付近で EL. 47m を最大として 180 m<sup>3</sup>/s まで観測された。一方、改造案では 60 m<sup>3</sup>/s (EL. 43m 以下) を最大として 110 m<sup>3</sup>/s まで観測された。

したがって、呑口堅坑の改造により流況を安定させるとともにトンネル内への空気混入量は減少しており改造案は、有効な対策と判断できる。

#### 4. 排気ボックスの検討

##### 4-1 排気管の必要性

これまでの検討では、放流量 110 m<sup>3</sup>/s 以下における空気連行現象の抑制は困難であった。このためトンネル出口付近に排気ボックスを設置することとし実験を行った (図-11)。

排気ボックスの設置により減勢堅坑内の空気塊の噴き上がりの解消効果が確認できた (図-12) が、排気ボックス内に集中して噴き上がりが生じ、トンネル全体への振動、騒音、水面の上昇が観測された。

##### 4-2 排気管形状の検討結果

安定した流況を得るための排気管形状について、抽出模型実験により検討を行った。トンネル管頂部に滞留している空気を排気ボックス内で分散させるため孔を開けた整流板を設置し (図-13)、流れ方向に柵を配置することにより、空気を分割、分散させた。これらの対策により空気の噴き上がりは収まるとともに、ボックス内の対流も解消し、安定した排気状況が得られた。

#### 5. まとめ

一連の水理模型実験により、前例がない堅坑式トンネル洪水吐きの水理特性が把握され、洪水を安全に流下させられることが確認できた。これにより、ダム再開発と歴史的ダムの保全の両立が可能となった。

トンネルは去る 9 月 14 日に無事貫通し、平成 23 年 1 月の完成に向けて現地作業を鋭意進めている。

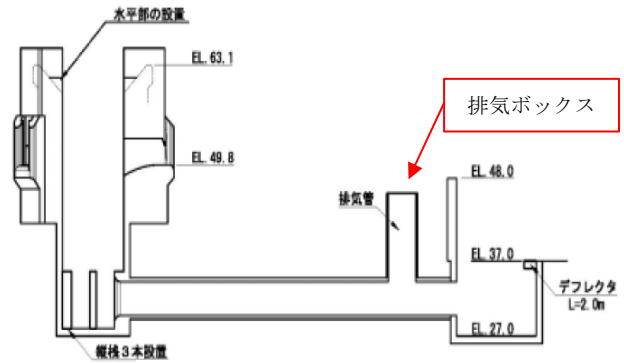


図-11 最終案の形状概要

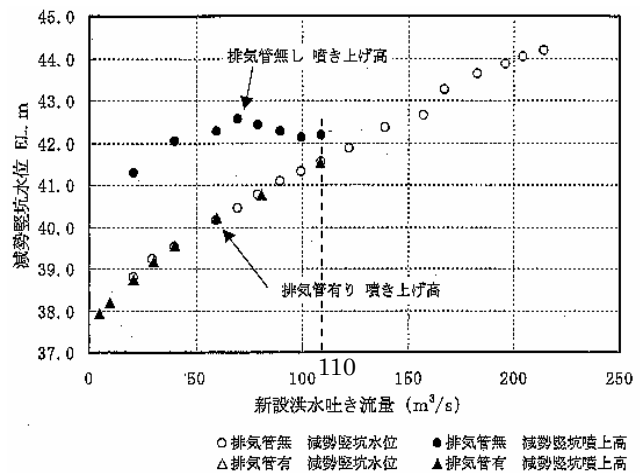


図-12 減勢堅坑内の水位と噴き上げ高

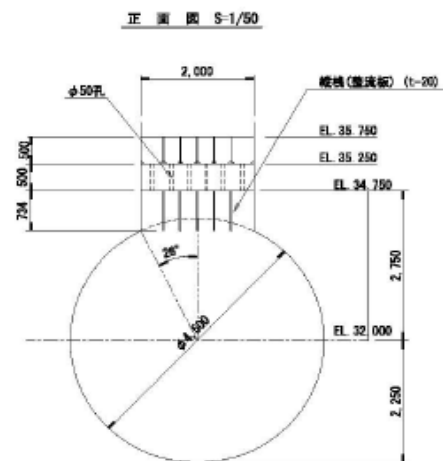


図-13 整流板断面図